

УДК 629.4.015:625.03(045)

Влияние смятия в зоне сварных стыков рельсового пути на контактное взаимодействие в системе «колесо—рельс»

А.Р. Мещерякова^{1,2}, И.Ю. Цуканов^{1,2}

¹Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
просп. Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия

²Научно-технологический университет «Сириус»,
Олимпийский просп., 1, г. Сочи 354340, Россия

Поступила в редакцию 14.10.2021.

После доработки 15.04.2022.

Принята к публикации 18.04.2022.

Проведено моделирование взаимодействия колеса и рельса при качении по прямолинейному участку пути при наличии неровности типа седловины и её отсутствии. Неровность типа седловины используется для описания дефекта, возникающего в области сварного стыка рельсов. Модель учитывает увеличение нагрузки при динамическом безударном взаимодействии в области сварных стыков, изменение конфигурации области контакта и существование подобластей сцепления и проскальзывания при качении. Выполнено сравнение контактных характеристик и напряженного состояния рельса для различных значений относительного продольного проскальзывания и при наличии и отсутствии неровности пути двух характерных размеров. Анализ внутренних напряжений показывает, что увеличение относительного продольного проскальзывания приводит к росту максимальных касательных напряжений вблизи поверхности. Результаты анализа контактных давлений и касательных напряжений показывают, что с ростом глубины неровности распределение максимальных касательных напряжений по глубине становится более равномерным.

Ключевые слова: колесо, рельс, контактные напряжения, сварные стыки, седловина, качение, подобласти сцепления и проскальзывания.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Адрес для переписки:

А.Р. Мещерякова
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
просп. Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: mif-almira@yandex.ru

Для цитирования:

А.Р. Мещерякова, И.Ю. Цуканов.
Влияние смятия в зоне сварных стыков рельсового пути на
контактное взаимодействие в системе «колесо—рельс».
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 2. – С. 192–201.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Address for correspondence:

A.R. Meshcheryakova
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospect Vernadskogo 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: mif-almira@yandex.ru

For citation:

A.R. Meshcheryakova and I.Yu. Tsukanov
[Influence of Flattening in the Zone of Welded Joints of a Railway on
Contact Interaction in the Wheel—Rail System].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 2, pp. 192–201 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Influence of Flattening in the Zone of Welded Joints of a Railway on Contact Interaction in the Wheel—Rail System

A.R. Meshcheryakova^{1,2} and I.Yu. Tsukanov^{1,2}

¹Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospekt Vernadskogo 101-1, Moscow 119526, Russia

²Sirius University of Science and Technology,
Olympic Ave, 1, Sochi 354340, Russia

Received 14.10.2021.

Revised 15.04.2022.

Accepted 18.04.2022.

Abstract

The simulation of the interaction of a wheel and a rail during rolling along a straight section of a track in the presence and absence of rail flattening, which is used to describe a defect that occurs in the area of a welded joint of rails. The model takes into account an increase in the load during dynamic shockless interaction in the area of welded joints, a change in the configuration of the contact area, and the existence of stick and slip subregions during rolling. Comparison of the contact characteristics and stress state of the rail for different values of the relative longitudinal slippage and in the presence and absence of flattening in the area of welded joints of the rail track is carried out. An analysis of internal stresses shows that an increase in the relative longitudinal slippage leads to an increase in the surface values of the principal shear stresses. The results of contact pressures and shear stresses analysis show that with an increase in the depth of rail flattening, the distribution of principal shear stresses on depth becomes more uniform.

Keywords: wheel, rail, contact stresses, welded joints, flattening, rolling, stick and slip subregions.

DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Адрес для переписки:

А.Р. Мещерякова
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,
просп. Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия
e-mail: mif-almira@yandex.ru

Для цитирования:

А.Р. Мещерякова, И.Ю. Цуканов.
Влияние смятия в зоне сварных стыков рельсового пути на
контактное взаимодействие в системе «колесо—рельс».
Трение и износ.
2022. – Т. 43, № 2. – С. 192–201.
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Address for correspondence:

A.R. Meshcheryakova
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics RAS,
Prospekt Vernadskogo 101-1, Moscow 119526, Russia
e-mail: mif-almira@yandex.ru

For citation:

A.R. Meshcheryakova and I.Yu. Tsukanov
[Influence of Flattening in the Zone of Welded Joints of a Railway on
Contact Interaction in the Wheel—Rail System].
Trenie i Iznos.
2022, vol. 43, no. 2, pp. 192–201 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2022-43-2-192-201

Список использованных источников

367), 78—83

1. **Горячева И.Г., Торская Е.В., Добычин М.Н.** Моделирование условий образования контактно-усталостных повреждений поверхности катания // Контактно-усталостные повреждения колес грузовых вагонов / ред. С.М. Захаров. — М.: ИНТЕКСТ. — 2004, 58—113
2. **Коссов В.С., Краснов О.Г., Акашев М.Г.** Влияние смятия в зоне сварных стыков на силовое воздействие подвижного состава на путь // Вестник ВНИИЖТ. — 2020 (79), № 1, 9—16
3. **Инструкции «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов»**, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014. — 2015 (7), № 812
4. **Михеев Г.В., Погорелов Д.Ю., Родиков А.Н.** Методы моделирования динамики железнодорожных колесных пар с учетом упругости // Вестник Брянского государственного технического университета. — 2019 (4), № 77, 40—51
5. **Xu J. et al.** Geometry Evolution of Rail Weld Irregularity and the Effect on Wheel-Rail Dynamic Interaction in Heavy Haul Railways // Eng. Fail. Anal. Elsevier. — 2017 (81), 31—44
6. **Bezgin N.Ö.** Development of a New and an Explicit Analytical Equation that Estimates the Vertical Dynamic Impact Loads of a Moving Train // Procedia Eng. — 2017 (189), 2—10
7. **Kalker J.J.** A Fast Algorithm for the Simplified Theory of Rolling Contact // Veh. Syst. Dyn. — 1982 (11), no. 1, 1—13
8. **Гольдштейн Р.В. и др.** Решение вариационными методами пространственных контактных задач качения с проскальзыванием и сцеплением // Успехи механики. — 1982 (5), № 3/4, 60—102
9. **Мещерякова А.Р., Горячева И.Г.** Напряженное состояние упругих тел в условиях качения с проскальзыванием при наличии промежуточного слоя // Физическая мезомеханика. — 2020 (23), № 6
10. **Захаров С.М., Торская Е.В.** Подходы к моделированию возникновения поверхностных контактно-усталостных повреждений в рельсах // Вестник ВНИИЖТ. — 2018 (77), № 5, 259—268
11. **Ekberg A., Kabo E., and Andersson H.** An Engineering Model for Prediction of Rolling Contact Fatigue of Railway Wheels // Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. — 2002 (25), no. 10, 899—909
12. **Johnson K.L.** Contact Mechanics. — Cambridge University Press. — 1985
13. **Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д.** Динамика вагона. — Москва: Транспорт. — 1991
14. **Работнов Ю.Н.** Сопrotивление материалов. — М.: Физматгиз. — 1962
15. **Daves W. et al.** A Finite Element Model to Simulate the Physical Mechanisms of Wear and Crack Initiation in Wheel/Rail Contact // Wear. — 2016 (366—

References

1. **Goryacheva I.G., Torskaya E.V., Dobychin M.N.** Modelirovanie uslovij obrazovaniya kontaktno-ustalostnyh povrezhdenij poverhnosti kataniya // Kontaktno-ustalostnye povrezhdeniya koles gruzovyh vagonov / ed. S.M. Zakharov. — Moskva: INTEKST. — 2004, 58—113 (in Russian)
2. **Kossov V.S., Krasnov O.G., Akashev M.G.** The impact of deformation in the zone of welded joints on the force action of the rolling stock on the track // Vestnik of the Railway Research Institute. — 2020 (79), no. 1, 9—16 (in Russian)
3. **Instrukcii «Defekty relsov. Klassifikaciya, katalog i parametry defektnyh i ostrodefektnyh relsov»**, utverzhdennoj rasporyazheniem OAO «RZHD» ot 23.10.2014. — 2015 (7), № 812 (in Russian)
4. **Mikheev G.V., Pogorelov D.Yu., Rodikov A.N.** Methods for wheelset dynamics modeling taking into account elasticity // Bulletin of Bryansk state technical university. — 2019 (4), 40—51 (in Russian)
5. **Xu J. et al.** Geometry Evolution of Rail Weld Irregularity and the Effect on Wheel-Rail Dynamic Interaction in Heavy Haul Railways // Eng. Fail. Anal. Elsevier. — 2017 (81), 31—44
6. **Bezgin N.Ö.** Development of a New and an Explicit Analytical Equation that Estimates the Vertical Dynamic Impact Loads of a Moving Train // Procedia Eng. — 2017 (189), 2—10
7. **Kalker J.J.** A Fast Algorithm for the Simplified Theory of Rolling Contact // Veh. Syst. Dyn. — 1982 (11), no. 1, 1—13
8. **Goldstein R.V. et al.** Solutions of three-dimensional rolling problems with slip and adhesion by variational methods // Advances in Mechanics. — 1982 (5), № 3/4, 60—102 (in Russian)
9. **Meshcheryakova A.R. and Goryacheva I.G.** Stress State of Elastic Bodies with an Intermediate Layer in Rolling Contact with Slip // Physical Mesomechanics. — 2021 (24), 441—450
10. **Zakharov S.M., Torskaya E.V.** Approaches to modeling occurrence of rolling contact fatigue damages in rails // Vestnik of the Railway Research Institute. — 2018 (77), № 5, 259—268 (in Russian)
11. **Ekberg A., Kabo E., and Andersson H.** An Engineering Model for Prediction of Rolling Contact Fatigue of Railway Wheels // Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. — 2002 (25), no. 10, 899—909
12. **Johnson K.L.** Contact Mechanics. — Cambridge University Press. — 1985
13. **Vershinskij S.V., Danilov V.N., Husidov V.D.** Dinamika vagona. — Moscow: Transport. — 1991 (in Russian)
14. **Rabotnov Yu.N.** Soprotivlenie materialov. — Moskva: Fizmatgiz. — 1962 (in Russian)
15. **Daves W. et al.** A Finite Element Model to Simulate

the Physical Mechanisms of Wear and Crack Initia-
tion in Wheel/Rail Contact // *Wear*. — 2016 (366—

367), 78—83

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by